# Das Tachhydritvorkommen
in den
# Kalisalzlagerstätten der Mansfelder Mulde.

---

Inaugural-Dissertation

zur

**Erlangung der Doktorwürde**

der

Hohen philosophischen Fakultät

der

**Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg**

vorgelegt von

**Paul Kling**
aus Stolp (Pommern).

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

---

Halle a. d. S.
Buchdruckerei des Waisenhauses.
1913.

Referent: Prof. Dr. Boeke.

Meinen lieben Eltern.

# Inhalt.


Seite

A. Einleitung . . . . . 7

B. Verbreitung des Tachhydrits in der Mansfelder Mulde . . 7

Nähere Beschreibung der einzelnen Lagerstätten:

1. Hallesche Kaliwerke . . . . . 9

2. Krügershall . . . . . 12

3. Salzmünde . . . . . 13

4. Die übrigen Kalisalzaufschlüsse der Mansfelder Mulde 14

C. Petrographisch-chemische Untersuchungen . . . . . 15

D. Genetische Betrachtungen . . . . . 25

E. Mineralogischer Teil . . . . . 29

F. Zusammenfassung . . . . . 36

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544727_0084

## A. Einleitung.

Zu den nicht sehr häufigen Mineralien, die am Aufbau der deutschen Kalisalzlager beteiligt sind, gehört ein wasserhaltiges Calciummagnesiumchlorid, der Tachhydrit. Seine chemische Zusammensetzung $CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$ stellte Rammelsberg[1]) fest, der ihn auch nach seiner großen Zerfließlichkeit benannte (*ταχύς* schnell und *ὕδωρ* Wasser). Er ist zuerst in Staßfurt aufgefunden worden, später entdeckte man ihn auch in Asse, Vienenburg und Douglashall bei Westeregeln.[2]) In den letzten Jahren wurde durch die in der Mansfelder Mulde niedergebrachten Schächte ein weites Verbreitungsgebiet des Tachhydrits erschlossen. Dadurch war Veranlassung zu einer systematischen Untersuchung seiner Lagerungsverhältnisse, seines Vorkommens und seiner Bildungsbedingungen gegeben.

## B. Verbreitung des Tachhydrits in der Mansfelder Mulde.

Die ältere Salzfolge der Zechsteinablagerungen ist im östlichen Teile der Mansfelder Mulde durch sieben Schächte aufgeschlossen mit den nachfolgenden Bezeichnungen: Hallesche Kaliwerke, Saaleschacht, Krügershall, Salzmünde, Georgischacht, Johannashall und Adler-Kaliwerke (Fig. 1). Ein Überblick über das Tachhydritvorkommen in diesem Gebiete zeigt, daß die Carnallitregion der ersten fünf Werke das Mineral in reichlicher von Osten nach Westen hin abnehmender Menge aufweist (siehe auch Abschn. D). So finden sich tachhydritführende Salze in den Halleschen Kaliwerken und im Saaleschacht schon weit unterhalb des Salztones, sie beschränken sich im weiter westlich gelegenen Krügershall auf eine höhere Region, in Salzmünde kommen sie nur in einem Teile der Lagerstätte vor, im Bereiche des Georgischachtes treten sie wesentlich zurück und verschwinden

1) Rammelsberg, Pogg. Ann. 1856, 98, 261. Auch Baumert (Sitz.-Ber. Niederrh. Gesellschaft Bonn. 2. Juli 1856; Neues Jahrb. 1857, 715) erhielt dieselbe Formel.

2) Nach E. Erdmann, Deutschl. Kalibergbau 1907, 22.

in Johannashall[1]) und in den Adler-Kaliwerken vollständig. Die beigefügte Skizze (vgl. Fig. 1) läßt diese Verhältnisse deutlich erkennen; die Stärke der Schraffur bzw. Ausfüllung der die Schächte andeutenden Kreise ist ein ungefähres Maß für die auftretenden Tachhydritmengen. Um eine Übersicht über Auftreten und Bildungsbedingungen des Tach-

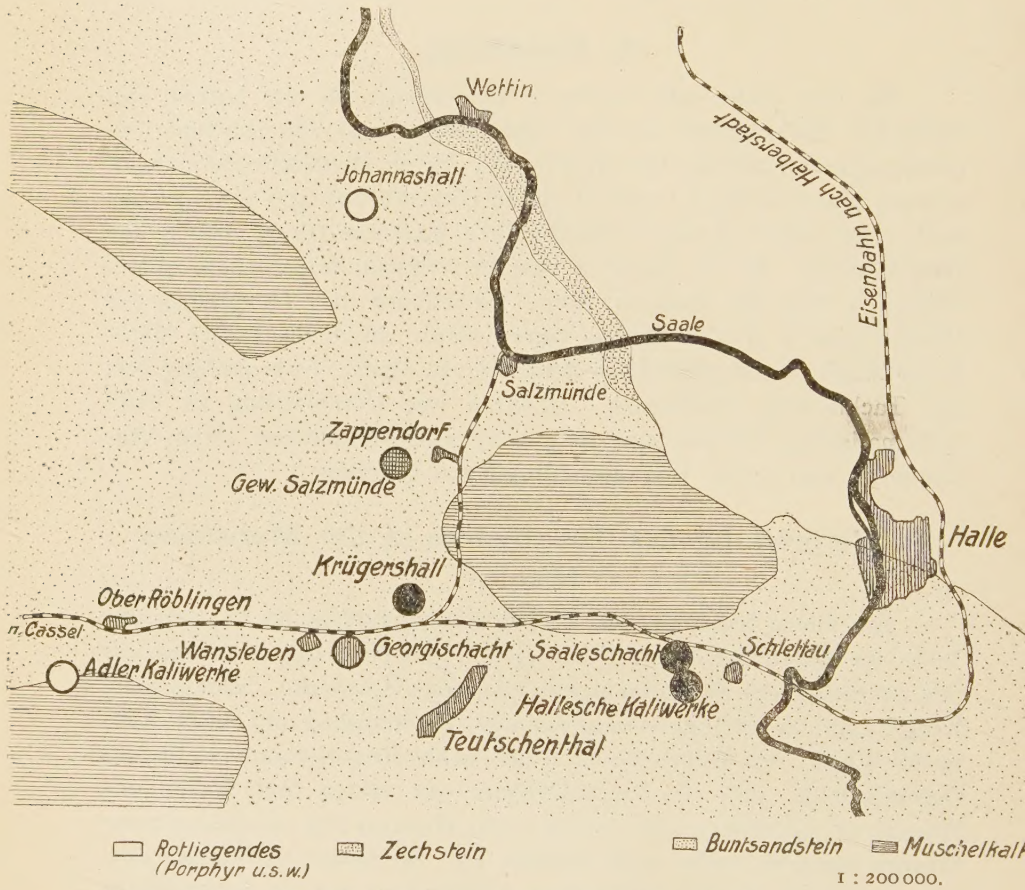



Fig. 1. Skizze des östlichen Gebietes der Mansfelder Mulde (nach Beyschlag).

hydrits zu gewinnen, war es nötig, eine in ihrem Aufbau möglichst einfache und übersichtliche Lagerstätte genauer zu untersuchen, wodurch zugleich ein Maßstab für den Vergleich mit den in den anderen Schächten gemachten Beobachtungen gewonnen wurde. Jene Übersichtlichkeit des Aufbaues zeigte sich in der Salzfolge der Halleschen Kaliwerke, die deshalb den Ausgangspunkt der Betrachtungen bilden soll.

1) Siehe Anmerkung 3 S. 14.

## Nähere Beschreibung der einzelnen Vorkommen.

### 1. Hallesche Kaliwerke.

Die Salzfolge dieses Werkes, das ca. 6 km wsw. von Halle beim Dorfe Schlettau liegt (siehe Fig. 1), ist durch den 306 m langen, nach dem vor kurzem abgeteuften Saaleschacht niederführenden Bremsberg gut aufgeschlossen und zeigt den Typus einer primären, normalen Ablagerung ohne größere Faltungen und Störungszonen. Die Schichten fallen unter einem Neigungswinkel von 7° von SO nach NW ein und werden von dem 22° gegen die Horizontale geneigten Bremsberge mit 15° durchfahren. Die Strecke führt, ungefähr 3—4 m unterhalb des Salztones beginnend, bis ins ältere, durch Anhydritschnüre gegliederte Steinsalz, in das der Nullpunkt des Profils gelegt wurde (Fig. 2). Auf diese Zone des Anhydrithalits folgt bei Meter 35 die des

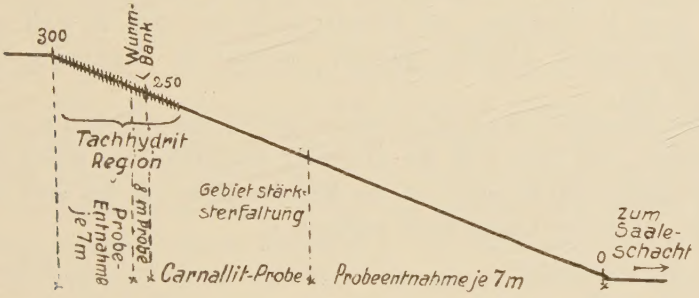



Fig. 2.

anhydritischen Kieserithalits, da eine ausgeprägte Region von Polyhalithalit nicht zu konstatieren ist. Weiterhin kommt bei rd. 63 Metern die Zone des carnallitischen Kieserithalits, die allmählich in die des kieseritischen Carnallithalits übergeht. Meter 147 des Profils kann als Beginn des Halitcarnallits angesehen werden, dessen liegende Partien noch metermächtige Steinsalzbänke aufweisen. Diese sind vielfach zusammengeschoben und aufgefaltet, doch ist im allgemeinen eine Zertrümmerung des dazwischenliegenden, durch Kieserit- und Steinsalzschnüre gegliederten Carnallitgesteins nicht erfolgt, wohl infolge der dämpfenden Wirkung der starken Steinsalzbänke.[1]) Diese treten allmählich zurück; nur im abbauwürdigen Teile der Region, ungefähr 17—18 m unterhalb des Salztones, erreicht noch einmal eine Steinsalzbank eine durchschnittliche Mächtigkeit von 50 cm. Auch sie ist im ganzen Grubenfelde intensiv gefaltet und wird daher von den Berg-

1) M. Naumann, Zeitschr. „Kali". 7. Jahrg. 1913, 4, 88—92.

leuten, denen sie als Leitschicht dient, „Wurmbank“ genannt. Der Carnallit ist einesteils bankig geschichtet, anderseits als Trümmercarnallit[1]) vorhanden und in letzterer Ausbildung hin und wieder zwischen zusammenhängende Kieserit- und Carnallitlagen eingeschaltet. Diese Erscheinung läßt sich mit der Everdingschen[2]) Auffassung als „deszendentes Konglomerat“ wohl nicht vereinigen. Nach Everding soll nämlich zur Zechsteinzeit eine Überflutung der bereits gebildeten Salzablagerungen stattgefunden haben, wobei eine Zertrümmerung und teilweise Wiederauflösung derselben erfolgt sein soll. Bei der darauffolgenden Eindunstung der Lauge blieben die Salzbrocken in einem Carnallitmittel lagernd zurück, so daß dieses umkristallisierte, „deszendente“ Gestein den Eindruck eines Konglomerates hervorruft. Die oben geschilderte Ausbildungsweise der Carnallitregion der Halleschen Kaliwerke steht mit einer solchen Annahme nicht in Einklang, sie beweist vielmehr, daß es sich um ein druckmetamorphes Gestein handelt, worauf M. Naumann[3]) hingewiesen hat.

Den Abschluß des Lagers bildet der durchschnittlich 8 m mächtige Salzton, auf dem sich die jüngeren Zechsteinsalze aufbauen.

Demnach würde sich von der Erdoberfläche ab bis zum älteren Steinsalz folgender Querschnitt ergeben:[4])

| | |
|---|---|
| Buntsandstein | 0—582 m[5]), |
| Steinsalz | 582—595 m, |
| Anhydrit | 595—597 m, |
| roter Salzton | 597—611 m, |
| Steinsalz | 611—663 m, |
| Hauptanhydrit | 663—710 m, |
| grauer Salzton | 710—718 m. |

Kalilager:

a) Halitcarnallit,

b) Carnallithalit,

c) Kieseritischer Carnallithalit,

---

1) M. Naumann a. a. O.

2) Everding, Deutschl. Kalibergbau 1907.

3) M. Naumann a. a. O.

4) Nach Daten im Schachtprofil der Halleschen Kaliwerke (von „Buntsandstein“ bis „grauer Salzton“).

5) Hauptsächlich aus rotem und grauem Sandstein bestehend, mit roten und blauen Schieferletten und Tonschnüren; weiter unterhalb größtenteils Letten mit eingeschalteten Gipsschnüren, Rogenstein- nnd Dolomitbänkchen.

d) Carnallitischer Kieserithalit,
e) Anhydritischer Kieserithalit,
f) Anhydrithalit.

In der Zone des Halitcarnallits findet sich der Tachhydrit. Er tritt zuerst im Lagerprofil zwischen den Meterzahlen 230—235 makroskopisch, wenn auch spärlich auf. Dies würde einer Tiefe von ca. 22 m unter dem Salzton entsprechen. Man erkennt nämlich ein tachhydritführendes Gestein, selbst wenn das Mineral nur in geringer Menge und feiner Verteilung vorhanden ist, an nicht ganz frischen Stößen mit großer Sicherheit an den waben- oder nesterartigen Auswitterungen (vgl. Tafel[1]) und der durch Eisenhydroxyd bedingten schmutziggelben Färbung. Das Eisen stammt aus dem gelb gefärbten Tachhydrit (siehe Abschn. E); die Hydratisierung bzw. Oxydation des ersteren geht infolge der feuchten Wetter sehr schnell vonstatten.

Die Menge des Tachhydrits ist im allgemeinen oberhalb der „Wurmbank" größer als unterhalb derselben, doch ist auch deutlich ein Zurücktreten des Minerals in den Schichten wenige Meter unterhalb des grauen Salztones zu erkennen: sie geht also durch ein Maximum (siehe Abschn. E) und steigt in der Zone stärkster Tachhydritisierung auf durchschnittlich 6—8%. Das Mineral verschwindet sogar in der letzten Zone des Kalilagers (3—4 m unter dem Salzton) fast vollständig, zugleich macht sich hier eine einige Dezimeter mächtige Kieserit- und Carnallitregion bemerkbar, die große idiomorph ausgebildete Anhydritkristalle aufweist.

Der Tachhydrit tritt in den Salzen der Halleschen Kaliwerke hauptsächlich in vollkommen unregelmäßiger Weise in kleinen Knöllchen im Gestein eingesprengt auf. Gelegentlich werden 20—30 cm breite Nester angeschlagen, die aber gewöhnlich keine große Ausdehnung gewinnen. Oft ist dabei der sehr grobspätige Tachhydrit von eisklarem und rotem Carnallit umgeben, die als sekundäre Produkte aufzufassen sind (siehe Abschn. E).

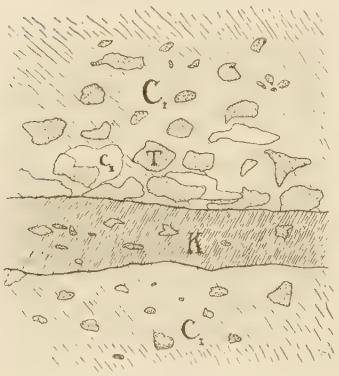
Der nur 720 m von den Halleschen Kaliwerken entfernte Saaleschacht bietet in bezug auf Lagerungsverhältnisse und Auftreten des zerfließlichen Minerals gegenüber denen des ersteren Werkes nichts davon wesentlich Abweichendes, soweit die Anlage dieses noch im Ausbau befindlichen Schachtes eine Übersicht gestattet.

---

1) Sehr gut in der unteren linken Ecke des Bildes zu erkennen, außerdem zeigt sich deutlich die tiefe Auswitterung der Tachhydritschnur, die sich infolge des zurückbleibenden dunklen Tones scharf abhebt.

## 2. Krügershall.

Während der Tachhydrit in den Halleschen Kaliwerken bis unter die „Wurmbank“ vordringt, ist er in dem Lager von Krügershall[1]) nur oberhalb der charakteristischen Leitschicht bekannt, die sich auch in diesem Werke in ungefähr demselben Abstande vom Salztone verfolgen läßt. Die Menge des Minerals erreicht in den mittleren Partien des oberen Lagers ihr Maximum — Carnallitgestein mit einem Gehalt von 8 % Tachhydrit ist nicht selten[2]) —, seine unteren Teile sind tachhydritarm, die an den Salzton grenzenden weisen höchstens Spuren auf. Eine eigentümliche Verteilung zeigt sich an einer Stelle (Fig. 3): über einer durchschnittlich 5—10 cm starken, sehr dichten Kieseritschnur *K*, die von primärem Carnallit $C_I$ über- und unterlagert wird, hat sich Tachhydrit *T* in großer Menge zusammen mit eisklarem und rotem Carnallit $C_{II}$ angereichert; einige Batzen des Minerals liegen innerhalb der Kieseritbank, unterhalb derselben können nur wenige Knollen beobachtet werden.




1/8 nat. Gr.

Fig. 3. Anhäufung von Tachhydrit *T* und sekundärem Carnallit $C_{II}$ oberhalb einer dichten Kieseritbank *K* ($C_I$ primärer Carnallit).

Die Lagerungsverhältnisse sind auch in Krügershall verhältnismäßig einfach, sie unterscheiden sich von denen der Halleschen Kaliwerke wenig. Zwar sind in Krügershall die tektonischen Kräfte wohl wirksamer gewesen als dort, denn die Zertrümmerung des Carnallits ist weiter fortgeschritten. Trotzdem zeigt das Salzflöz im südlichen Teile des Grubenfeldes im ganzen fast horizontalen Verlauf. Im Norden und Nordosten dagegen, d. h. zum Muldentief hin, werden die Verhältnisse komplizierter. In nördlicher Richtung sind die Schichten stark gefaltet und fallen an einer Stelle unter ungefähr 75—80° ein, wie es sich beim Treiben der zur Zeit ungefähr $2^1/_2$ km langen „Salzmünder Strecke“, der späteren Verbindungsstrecke zwischen Krügershall und Salzmünde, ergeben hat. Die Faltung des Salzgebirges auf

1) Krügershall liegt unmittelbar am Bahnhof Teutschenthal der Eisenbahnlinie Halle-Kassel, ca. 10 km w. von den Halleschen Kaliwerken.

2) Nach Mitteilung des Herrn K. Brunhöver.

dieser Strecke hat auch die tachhydritführenden Schichten betroffen, ohne daß makroskopisch eine Veränderung derselben zu konstatieren gewesen wäre.

Der Schluß, der aus dieser Beobachtung gezogen werden könnte, nämlich, daß die Entstehung des Minerals in die Zeit vor der Faltung zu verlegen ist, erweist sich als nicht einwandfrei, sobald man das eigentümliche Auftreten des Tachhydrits in den Salzschichten von Salzmünde berücksichtigt.[1]) Dazu ist notwendig, den Aufbau dieses letztgenannten Werkes kennen zu lernen.

### 3. Salzmünde.

Die in der „Salzmünder Strecke“ schon stark in Augenschein tretende tektonische Inanspruchnahme des Salzlagers gewinnt im Bereiche der Gewerkschaft Salzmünde[2]) noch an Bedeutung. Die Lagerungsverhältnisse weisen einen verwickelteren Bau und größere Störungen auf als es in den zuerst beschriebenen, dem Rande der Mansfelder Mulde näher gelegenen Werken der Fall ist. Das von NW nach SO gelegte Grubenprofil Fig. 4[3]) zeigt, daß die Kali-

Fig. 4. Profil eines Teiles der Salzmünder Lagerstätte.

salze einen Sattel bilden, der von NO nach SW streicht. Durch eine Horizontalbohrung ist ein weiterer Sattel erschlossen worden, der auf den ersteren im NW folgt und an dessen Flanke das Kali-

1) Vgl. Abschnitt D.

2) Salzmünde liegt nördl. von Krügershall beim Dorfe Zappendorf.

3) Das Grubenprofil wurde mir mit Angaben von Herrn Direktor Pohl freundlichst zur Verfügung gestellt.

lager nur wenige Meter Mächtigkeit besitzt. Die Achse des Hauptsattels fällt von NO nach SW unter rund 10° ein; auch in dieser Richtung konnten größere Falten nachgewiesen werden. Die Nordseite des Rückens wird von typischem Trümmercarnallit gebildet und ist tachhydritfrei, die Südseite weist mehr geschichteten Carnallit auf, in dem sich das zerfließliche Mineral fein eingesprengt findet. Auch hier läßt sich wie in den anderen Werken eine Zone stärkster Tachhydritisierung erkennen, welche sich unterhalb der letzten an den Salzton grenzenden vier Meter des Lagers findet. Diese selbst sind tachhydritfrei und weisen große Anhydritkristalle auf. Im Südfelde des Werkes, in dem sich auch die tachhydritführenden Salze finden, sind größere Nester reinen Sylvins angeschlagen worden (siehe Abschn. D). Auch eine mit Bischofit ausgefüllte Spalte kommt vor, ein Beweis, daß Chlormagnesiumlaugen zirkuliert haben müssen.

Eine Leitschicht, wie sie die „Wurmbank" in den andern Lagerstätten bietet, fehlt in Salzmünde.

### 4. Die übrigen Kalisalzaufschlüsse der Mansfelder Mulde.

Im Bereiche des Georgischachtes[1]) tritt der Tachhydrit ziemlich weit zurück, nur in den Salzen der „Neu-Mansfelder" Strecke läßt er sich in größerer Menge erkennen. Da die Art des Auftretens von derjenigen der ersten Werke nicht in wesentlichen Punkten abweicht, so kann von einer genauen Beschreibung dieses Werkes abgesehen werden.

Die Salze der Adler-Kaliwerke[2]) und Johannashall[3]) sind tachhydritfrei, demnach kommt in diesem Zusammenhange der Aufbau der Lagerstätten nicht in Betracht.

Schließlich sei noch erwähnt, daß das Carnallitgestein der am westlichen Rande der Mansfelder Mulde gelegenen Schächte Wolfshall und Dittrichshall bei Eisleben in ganz verschwindender Menge Tachhydrit führen.[4])

---

1) Der Georgischacht liegt in unmittelbarer Nähe des Dorfes Wansleben an der Eisenbahnlinie Halle-Kassel.

2) Nach Mitteilung des Herrn Dr. M. Naumann.

3) Nach Mitteilung der Gewerkschaft Johannashall. Eine Befahrung des Werkes wurde nicht gestattet.

4) Mitteilung der Oberberg- und Hüttendirektion der Mansfelder Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft. Eine Befahrung der Schächte war aus technischen Gründen z. Z. leider unmöglich.

## C. Petrographisch-chemische Untersuchungen.

Die genaue Untersuchung der Lagerstätte der Halleschen Kaliwerke geschah durch Dünnschliffe und quantitative chemische Analysen; die von Riedel[1]) angewandte gravimetrisch-optische Methode zur Erkennung und Trennung der einzelnen Salzgemengteile wurde selten angewandt, da die Bestandteile leicht und übersichtlich im Schliff bestimmt werden konnten und die Vollanalysen die prozentuale Verteilung der Mineralien im Gestein ergaben. Betreffs der Beschreibung der Eigenschaften der einzelnen, die Lagerstätte aufbauenden Mineralien im mikroskopischen Bild möge verwiesen werden auf die neueren Arbeiten von Boeke[2]), Naumann[3]), Görgey[4]), Engel[5]) u. a. Nur die des Tachhydrits kommen hier vor allem in Betracht und sind, weil diesbezügliche Angaben in der Literatur fehlen, im folgenden zusammengestellt.

Im gewöhnlichen Licht ist der Tachhydrit im Dünnschliff im allgemeinen an seiner gelben Färbung zu erkennen, die in den Kristallen gleichmäßig verteilt ist. Durch diese gelbe Farbe hebt er sich von den andern, meist farblosen Mineralien ab. Da die mittlere Lichtbrechung 1,517 ist (siehe Abschn. E), sich demnach nicht stark von der des Kanadabalsams unterscheidet, ist ein schwaches Relief zu beobachten. Die Beckesche Linie wandert beim Heben des Tubus nach dem Kanadabalsam. Manchmal macht sich die vollkommene, rhomboedrische Spaltbarkeit (siehe Abschn. E) an den Spaltrissen, die mit der Lage des Schliffes variierende Winkel einschließen, gut bemerkbar. Fig. 5 zeigt Tachhydrit *T* mit Spaltrissen, umgeben von Carnallit *C*. Pleochroismus fehlt.

Zwischen gekreuzten Nicols läßt das Mineral, da die Doppelbrechung $(\gamma - \alpha) = 0{,}0087$ ist (siehe Abschn. E), gewöhnlich die leuchtenden Farben zweiter Ordnung in Schnitten parallel der *c*-Achse erkennen; das Gelb erster Ordnung, welches z. B. in Gesteinsschliffen der in bezug auf Doppelbrechung mit Tachhydrit fast übereinstim-

1) Riedel, Chem.-min. Profil d. ält. Salzgeb. im Berlepschschacht. Zeitschr. f. Krist. 1912, **50**.

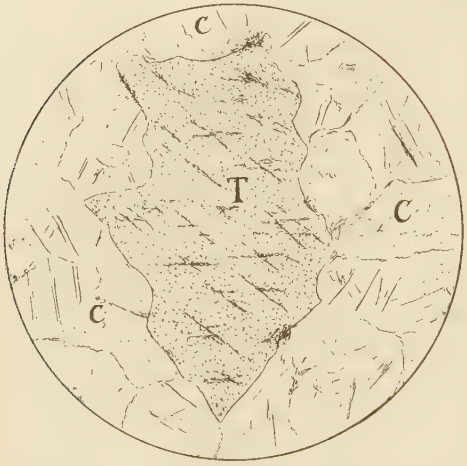
2) H. E. Boeke, Übersicht d. Mineralogie, Petrographie und Geologie der Kalisalzlagerstätten 1909, 30.

3) M. Naumann, Beitrag z. Kenntnis d. Salzlagerstätte von Glückauf-Sondershausen. Neues Jahrb. 1911, Beilageband XXXII.

4) Görgey, Tscherm. min. u. petr. Mitt. **3**, 210.

5) Engel, Beitrag z. chem.-petr. Kenntnis d. Kalisalzlagerstätte v. Salzdethfurt. Mitt. a. d. Inst. f. Min. u. Petr. d. Univers. Leipzig 1909, Nr. 49.

mende Quarz (0,009) zumeist aufweist, tritt hier selten auf, da Salzschliffe aus technischen Gründen immer etwas dicker als die der Silikatsteine ausfallen. Zwillingslamellen fehlen. Auch das optisch-einachsige, negative Interferenzbild nahezu basischer Schnitte im konvergent-polarisierten Lichte kann, wenn Löweit nicht vorhanden ist, als ein gutes Erkennungszeichen dienen. Die Unterscheidung von diesem ebenfalls negativ-einachsigen Mineral wird dadurch ermöglicht, daß der Löweit niedrigere Lichtbrechung $\left(\frac{2\omega+\varepsilon}{2}=1{,}483\right)$ und höhere Doppelbrechung (0,019) besitzt.



Vergr. 1:15.

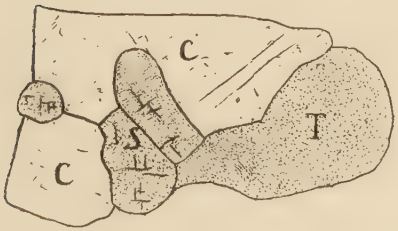
Fig. 5. Tachhydrit *T* mit Spaltrissen.

Schon in frischen und sorgfältig hergestellten Schliffen fällt oft die besonders randlich einsetzende Zersetzung des Tachhydrits auf; diese geht nach längerer Zeit so weit, daß das ursprüngliche Mineral vollkommen verschwunden und in ein Haufwerk doppelbrechender Körner verwandelt ist, die sich als Carnallit bestimmen ließen. Der Tachhydrit zerfällt nämlich bei gewöhnlicher Temperatur (d. h. unterhalb $22^{0}$[1]) in Gegenwart von Wasser, welches infolge der Hygroskopizität des Minerals bei der Herstellung der Schliffe nie ganz ausgeschaltet werden kann, zu $CaCl_2 \cdot 6\,H_2O$ und $MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$. Das letztere verbindet sich mit dem häufig im Schliff neben Tachhydrit vorhandenen Sylvin zu Carnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$. Chlorcalcium kristallisiert dabei nach meinem Befunde nicht aus, bleibt vielmehr gelöst. Die in Berührung mit den Zersetzungsprodukten befindliche Lauge läßt sich beim Aufdrücken auf das Deckglas an der Beweglichkeit der darin enthaltenen Partikelchen deutlich erkennen.

Neben dem Tachhydrit lassen sich als wesentliche Gemengteile des Salzgesteins im Dünnschliff noch Carnallit, Kieserit, Steinsalz, Anhydrit und Sylvin (auch Ton) unterscheiden. Während die ersten

1) van't Hoff, Bild. d. ozeanisch. Salzabl. 1909, Bd. II, 9.

vier Mineralien schon makroskopisch leicht erkannt werden konnten, zeigten erst die Dünnschliffuntersuchungen die Anwesenheit des Sylvins. Die Auffindung der Paragenese Tachhydrit-Sylvin, die für die genetischen Betrachtungen von besonderer Bedeutung ist und deshalb dort (siehe Abschn. D) näher besprochen wird, war ein neuer Beweis für die Fruchtbarkeit der Dünnschliffmethode bei Salzgesteinen. Diese Paragenese wird durch die Fig. 6 u. 7 veranschaulicht. Fig. 6 ist ein Ausschnitt aus einem mikroskopischen Bilde. Hier wie in den folgenden Figuren bedeutet: $T$= Tachhydrit, $C$=Carnallit, $S$=Sylvin.




Vergr. 1 : 20.

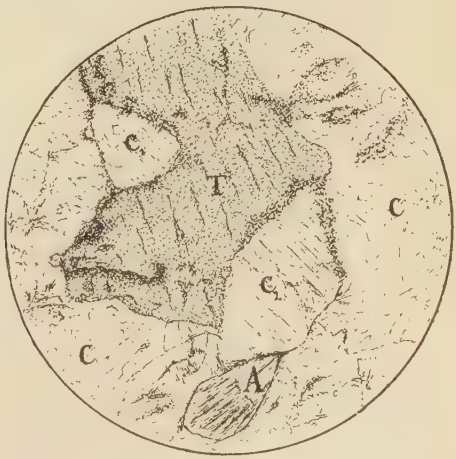
Fig. 6. Paragnese von Tachhydrit $T$, Carnallit $C$ und Sylvin $S$.

Vergr. 1 : 15.

Fig. 7. Tachhydrit $T$ mit Carnallit $C$ und Sylvin $S$.

Vergr. 1 : 15.

Fig. 8. Tachhydrit $T$ mit Carnallit $C$ und Sylvin $S$.




Vergr. 1 : 15.

Fig. 9. Tachhydrit $T$ ein Carnallitkorn $C_1$ $C_2$ durchsetzend.

Fig. 7 weist noch eine bemerkenswerte Erscheinung auf (siehe auch Abschn. D): Tachhydrit $T$ umschließt zwei Kerne von Carnallit $C_2$ $C_4$, denen zwei andere ($C_1$ und $C_3$) außerhalb liegende, gleichzeitig mit je einem der ersteren auslöschende Stücke entsprechen. D. h. je zwei Teile des Carnallits ($C_1$, $C_2$; $C_3$, $C_4$) bildeten ursprünglich einen einheitlichen Kristall, und man muß annehmen, daß diese Teile ober- oder unterhalb der Ebene des Schliffes zusammenhingen, dieser Zusammenhang aber bei der Herstellung des Schliffes zerstört wurde. Die lappige, teilweise konkave Gestalt der Carnallitkörner ist als Folge einer partiellen Auflösung zu betrachten, die durch den vordringenden Tachhydrit hervorgerufen wurde. Jetzt deutet nur noch die gleichzeitige Auslöschung auf die Zusammengehörigkeit der Carnallitkristalle hin. Ebenso zeigt Fig. 9 Tachhydrit $T$ ein Carnallitkorn $C_1$, $C_2$ durchsetzend; hier gilt dieselbe Erklärung. Wie nun Tachhydrit als Trennungsmittel von Carnallitpartien aufzutreten vermag, so kann es auch Sylvin (Fig. 8); $C_1$, $C_2$ und $C_3$, $C_4$ löschen gleichzeitig aus.

Kieserit und Carnallit treten zumeist in der üblichen Ausbildung auf. Daneben aber wurden haselnußgroße, zuckerartige Kieseritknöllchen angetroffen, die sich schon makroskopisch in einer die Salzlagerstätte der Halleschen Kaliwerke oberhalb der Wurmbank durchsetzenden Tachhydritschnur zeigten (siehe Tafel[1])). Die Knollen haben, im Dünnschliff betrachtet, körniges Gefüge, sind scharf umrandet und von einem dunklen, tonigen Saum umgeben. Die Kristalle dieser Anhäufungen unterscheiden sich im allgemeinen von den sonst beobachteten durch trübes Aussehen. Fig. 10 gibt einen Dünnschliff mit Kieseritknolle wieder. Im Abschnitt D wird bei

Vergr. 1 : 5.

Fig. 10. Sekundäre Kieseritknolle $K$ umgeben von Tachhydrit $T$ und Steinsalz $St$.

1) Die Abbildung zeigt deutlich die Lage der weißen Kieseritknöllchen in der ausgewitterten, dunklen, tonigen Tachhydritschnur.

der Erörterung der genetischen Verhältnisse näher darauf eingegangen werden.

In den Schliffen aus dem über der Tachhydritregion befindlichen Carnallitlager kommen vorzüglich ausgebildete Anhydritkristalle von durchschnittlich 0,5—4 cm Größe vor, die sich natürlich auch leicht makroskopisch erkennen lassen (siehe S. 11). Kleinere, aber gut entwickelte finden sich auch schon in der Tachhydritzone, wie Fig. 9 (A) zeigt, jedoch nicht häufig. Hin und wieder liegen in den Tonschnüren viele solcher allerdings winzigen, langgestreckten Individuen.

Anhydritkristalle von derartiger Größe, wie sie die hangenden Partien der Halleschen Kaliwerke aufweisen, konnten auch in dem dicht unter dem Salzton liegenden Carnallitgestein von Krügershall und Salzmünde nachgewiesen werden. Manchmal sind die Kristalle korrodiert.

Im übrigen entsprechen die Ergebnisse der Dünnschliffbestimmungen des den Tachhydritregionen dieser beiden Werke entstammenden Materials denen des erstgenannten.

Als weiteres wichtiges Hilfsmittel zur genauen Untersuchung der Lagerstätte der Halleschen Kaliwerke diente die quantitative chemische Analyse. Der Gang derselben war folgender. In dem S. 9 erwähnten Bremsberge wurden durch Hacken einer gleichmäßigen Rille parallel zur Streckensohle die Analysenproben gewonnen, die sich von Meter 0—147 über je 7 m erstreckten (siehe Fig. 2). Von diesem Material wurde je eine „Quartprobe“ zur Ausführung der Analyse benutzt, die sich zunächst auf die Bestimmung von Calcium und Magnesium beschränkte. Für die vom Beginn der Carnallithalitzone (Meter 147) bis zur „Wurmbank“ laufende Profilstrecke wurde von der Probegewinnung im einzelnen abgesehen, die Salzentnahme vielmehr über den ganzen Bereich ausgedehnt, weil infolge der S. 9 erwähnten Faltung der Bänke die Rille oftmals meterweit in ein und derselben Schicht verlief. Um daher einen Durchschnittswert des Gesteins zu erlangen, zeigte es sich zweckmäßig, die obige Einteilung zu treffen. In dem oberen Teile dieser Zone tritt, wie schon S. 11 gesagt, Tachhydrit auf. Die weiteren Proben (also von der „Wurmbank“ ab, die bei Meter 250 das Lager durchzieht) wurden dann wieder über je 7 m genommen, bis auf die der „Wurmbank“ unmittelbar folgenden, die sich über eine Länge von 8 m erstreckte (siehe Fig. 2). Von diesen letzten acht Salzproben sind Vollanalysen ausgeführt worden.

Der Zweck der Analysen bestand in der Untersuchung der für die Erörterung des Tachhydritproblems besonders wichtigen Beziehung

zwischen Calcium- und Magnesiumgehalt des Liegenden und Tachhydritführung des Hangenden.

Die Bestimmung der einzelnen Bestandteile geschah nach den üblichen, im Treadwellschen Lehrbuche beschriebenen Methoden. Ungefähr 25 g Substanz (etwa $^1/_2$ Stunde bei einer Temperatur von 40—45° getrocknet[1]) wurden 2—3 Stunden in salzsaurer Lösung gekocht und diese auf 500 ccm aufgefüllt. Hiervon dienten aliquote Teile zur Bestimmung von Ca, Mg, $SO_4$ und K. Die Fällung des Kaliums geschah als $KClO_4$, die sich ergebenden Werte fielen sehr befriedigend aus. Der beim Lösen erhaltene, hauptsächlich aus Ton und Eisenoxyd bestehende Rückstand wurde getrocknet, geglüht und gewogen, er ist als „Unlösliches" in den Tabellen angeführt. Zwar wird eine gewisse Menge des Eisenoxyds und des im Ton enthaltenen Aluminiums durch die Salzsäure gelöst worden sein, doch sind diese Anteile als sehr geringfügig zu betrachten, wie vergleichende Untersuchungen ergaben. Weiterhin muß bedacht werden, daß der sich zum größten Teil aus Ton zusammensetzende Rückstand durch Glühen eine Gewichtsverminderung erfahren wird infolge Abgabe des im Ton gebundenen Wassers. Bei dem geringen Betrage des „Unlöslichen" fällt aber dieser Umstand kaum ins Gewicht.

Chlor wurde in einer besonderen, nur in Wasser gelösten Substanzmenge bestimmt.

Die Menge des Tachhydrits und Carnallits wurde durch Alkoholauszug ermittelt, doch ist dabei zu bemerken, daß beim Zusetzen von Wasser zum vollkommen klaren alkoholischen Filtrat immer Trübung eintrat, selbst wenn der Auszug sechsmal durch Hartfilter filtriert worden war. Schwefelsäure ließ sich in geringer Menge im Filtrat stets nachweisen. Die Trübung beruht auf einem fein verteilten Niederschlag, der durch Hartfilter abfiltriert werden konnte und sich als Magnesiumsulfat herausstellte. Diese Erscheinung läßt sich daher wohl so erklären, daß nicht mechanisch durchs Filter gehende kleinste Kieseritteilchen ins alkoholische Filtrat gelangen (wie es von Riedel[2]) angenommen wurde), sondern daß das schwefelsaure Salz, wenn auch in geringer Menge, durch Alkohol möglicherweise kolloidal gelöst wird. Wasserzusatz setzt diese Löslichkeit herab und ein Teil fällt als Magnesiumsulfat aus. Übrigens ist die Menge dieses Niederschlages so gering, daß sie die Analyse nicht stört.

---

1) Riedel, Chem.-min. Profil d. ält. Salzgeb. im Berlepschschacht. Zeitschr. f. Krist. 1912, **50**.

2) Riedel a. a. O.

Die Umrechnung der Analysenwerte auf die durch die Dünnschliffe ermittelten Salzmineralien (siehe S. 16) geschah durch Bindung der betreffenden Mengen von Chlor, Magnesium und Wasser an alkohollösliches Calcium entsprechend dem Tachhydrit, der Rest des alkohollöslichen Magnesiums mußte als Carnallit vorhanden sein. Alkoholunlösliches Calcium war als Anhydrit, alkoholunlösliches

Tabelle I.

| Meter | % Ca | % Mg | Meter | % Ca | % Mg |
|---|---|---|---|---|---|
| 0—7 | 1,39 | — | 105—112 | 0,18 | 4,10 |
| 7—14 | 1,83 | — | 112—119 | 0,19 | 4,44 |
| 14—21 | 1,45 | Spur | 119—126 | 0,30 | 5,09 |
| 21—28 | 1,77 | 0,02 | 126—133 | 0,26 | 3,55 |
| 28—35 | 1,18 | 0,07 | 133—140 | 0,25 | 5,38 |
| 35—42 | 1,68 | 0,04 | 140—147 | 0,20 | 3,66 |
| 42—49 | 1,27 | 0,31 | 147—250 | 0,47 | 5,70 |
| 49—56 | 2,75 | 2,33 | 250—258 | 0,26 | 8,12 |
| 56—63 | 1,19 | 1,01 | 258—265 | 0,77 | 7,85 |
| 63—70 | 2,90 | 2,11 | 265—272 | 0,93 | 8,00 |
| 70—77 | 0,32 | 1,11 | 272—279 | 0,66 | 8,19 |
| 77—84 | 0,21 | 2,74 | 279—286 | 0,93 | 7,90 |
| 84—91 | 0,23 | 2,25 | 286—293 | 1,26 | 7,15 |
| 91—98 | 0,20 | 2,39 | 293—300 | 1,86 | 7,54 |
| 98—105 | 0,16 | 4,60 | | | |

Tabelle II.

| | 147—250 | 250—258 | 258—265 | 265—272 | 272—279 | 279—286 | 286—293 | 293—300 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Na . . . | 16,97 | 8,82 | 8,23 | 7,45 | 6,69 | 8,51 | 9,40 | 6,29 |
| K . . . | 6,98 | 8,48 | 8,54 | 8,77 | 8,93 | 7,85 | 9,09 | 10,03 |
| Mg . . . | 5,71 | 8,12 | 7,85 | 8,00 | 8,19 | 7,90 | 7,15 | 7,54 |
| Ca . . . | 0,49 | 0,26 | 0,77 | 0,93 | 0,66 | 0,93 | 1,26 | 1,86 |
| Cl . . . | 43,16 | 36,70 | 37,59 | 37,50 | 37,55 | 37,44 | 38,42 | 35,34 |
| $SO_4$ . . . | 9,24 | 12,10 | 9,49 | 9,34 | 8,03 | 10,05 | 9,88 | 11,74 |
| $H_2O$[1]) . . | 17,39 | 24,98 | 27,08 | 27,48 | 29,39 | 26,72 | 24,60 | 26,52 |
| Unlösliches | 0,24 | 0,25 | 0,35 | 0,30 | 0,22 | 0,31 | 0,67 | 0,85 |
| Summe | 100,18 | 99,71 | 99,90 | 99,77 | 99,66 | 99,71 | 100,47 | 100,17 |
| Alkohollösl. | | | | | | | | |
| Mg . . . | 3,64 | 5,10 | 5,67 | 5,70 | 6,25 | 5,54 | 5,22 | 5,66 |
| Ca . . . | 0,07 | 0,18 | 0,39 | 0,82 | 0,51 | 0,62 | 0,31 | 0,06 |

1) Die Wasserbestimmung geschah in der von M. Naumann (Neues Jahrb. 1911, Beilageband XXXII) angegebenen Weise.

Magnesium als Kieserit vorhanden, die theoretische Berechnung des Schwefelsäuregehaltes für diese beiden Mineralien entsprach in jeder Probe dem durch die Analyse ermittelten. Übrigbleibendes Kalium wurde als Sylvin verrechnet und der Rest des Chlors an die berechnete äquivalente Menge Natrium gebunden. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung sind in den Tabellen I—III zusammengestellt.

Tabelle III.

| | 147—250 | 250—258 | 258—265 | 265—272 | 272—279 | 279—286 | 286—293 | 293—300 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tachhydrit | 0,90 | 2,33 | 4,64 | 10,58 | 6,58 | 8,08 | 4,01 | 0,77 |
| Sylvin . . | 2,42 | 1,22 | 0,36 | 2,29 | — | 0,31 | 2,50 | 2,00 |
| Carnallit . | 40,56 | 55,68 | 59,34 | 53,74 | 64,22 | 54,64 | 55,25 | 63,78 |
| Kieserit . | 11,77 | 17,16 | 12,37 | 13,08 | 11,03 | 13,42 | 10,96 | 10,70 |
| Anhydrit . | 1,43 | 0,27 | 1,29 | 0,37 | 0,51 | 1,05 | 3,23 | 6,11 |
| Steinsalz . | 43,09 | 22,70 | 20,80 | 18,98 | 16,97 | 21,60 | 23,85 | 15,95 |
| Unlösliches | 0,24 | 0,25 | 0,35 | 0,30 | 0,22 | 0,31 | 0,67 | 0,85 |

Die Zahlen der Tabelle I sind in Fig. 11 in ein Koordinatensystem eingetragen, wobei als Ordinaten die Prozentzahlen, als Abszissen die Meterzahlen des Profils gewählt wurden; die ausgezogene Linie bezieht sich auf die Calcium-, die gestrichelte auf die Magne-

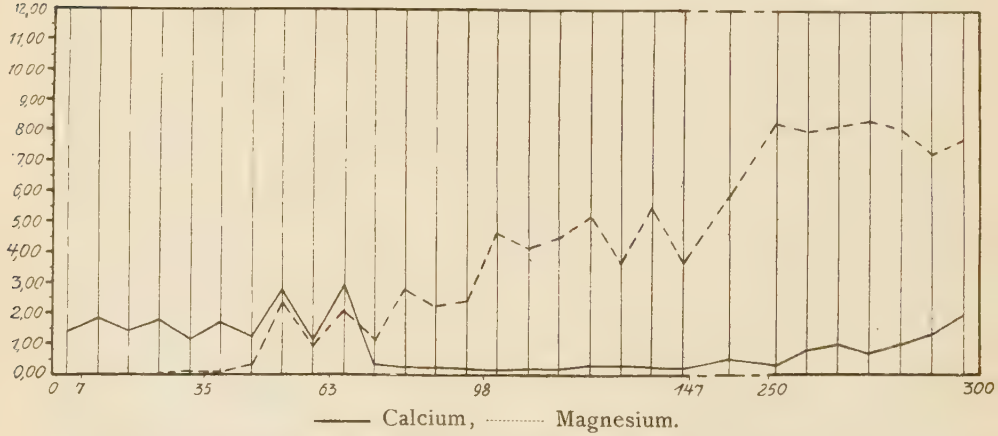



Fig. 11. Verlauf des Calcium- und Magnesiumgehaltes im Lagerprofil der Halleschen Kaliwerke.

siummengen. Da die Ergebnisse der Calciummagnesiumbestimmungen Durchschnittswerte sind, werden sie zweckmäßig in der Mitte der zu jeder Analyse gehörigen Profilstrecke aufgetragen, z. B. die Resul-

tate der Analyse Meter 0—7 bei Meter 3,5. Aus den Kurven ist die S. 9 erwähnte Einteilung des Lagers deutlich zu ersehen. Das auffällige Calciummaximum zwischen Meter 49 und 70 erklärt sich u. a. aus der Tatsache, daß in diesem Horizonte eine rund 25 cm starke Anhydritbank auftritt. Ferner ist das Ansteigen des Calciumgehaltes oberhalb der „Wurmbank" (Meter 250) bemerkenswert, was auch Riedel[1]) im Berlepschprofil in bezug auf die obersten Schichten des Carnallitlagers konstatiert hat.

Fig. 12 zeigt eine in der obigen Weise gewonnene Darstellung der Werte des Gesamtcalciums (ausgezogene Linie) und des alkohol-

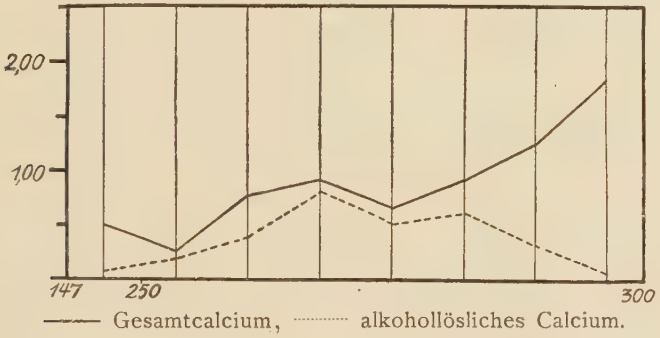



Fig. 12. Verlauf des Gesamtcalciums und des alkohollöslichen Calciums in der Halitcarnallitzone der Halleschen Kaliwerke.

löslichen Calciums (gestrichelte Linie) für die Vollanalysen der Tabelle II. Da das alkohollösliche Calcium für die Tachhydritmenge charakteristisch ist, so läßt sich aus dem Verlauf der gestrichelten Kurve das S. 11 erläuterte Maximum und darauffolgende Absinken des Tachhydritgehaltes erkennen.

Schließlich sind in Fig. 13 die Analysen Meter 147—250, Meter 265—272 und Meter 293—300 als Typen des das obere Lager der Halleschen Kaliwerke zusammensetzenden Salzgesteins nach der Boekeschen Methode[2]) graphisch eingetragen.

Hierbei bedeuten: *c* Atome alkohollösliches Mg (entsprechend Carnallit); *s* Moleküle $SO_4$; *ma* die Summe der Atome Ca und Mg, die nach Abzug von *c* übrig bleiben; *a* die Atome Ca; *k* die Atome

1) Riedel a. a. O.

2) H. E. Boeke, Übersicht d. Mineralogie, Petrographie und Geologie der Kalisalzlagerstätten, 1909, 33ff.

K abzüglich $c$; $n$ die Atome Na und $W$ den Wasserwert, d. h. Mole $H_2O - 6c - m$.

| I. | II. | III. |
|---|---|---|
| M. 147—250 | M. 265—272 | M. 293—300 |
| $c = 14{,}72$ | $c = 31{,}35$ | $c = 35{,}44$ |
| $s = 9{,}48$ | $s = 13{,}03$ | $s = 18{,}65$ |
| $m = 8{,}37$ | $m = 12{,}65$ | $m = 11{,}77$ |
| $a = 1{,}20$ | $a = 3{,}10$ | $a = 7{,}07$ |
| $k = 3{,}20$ | $k = 9{,}60$ | $k = 4{,}09$ |
| $n = 72{,}51$ | $n = 43{,}30$ | $n = 41{,}63$ |
| $W = -0{,}01$ | $W = 0{,}02$ | $W = 0{,}06$ |

Die graphischen Darstellungen lassen mit einem Blick die Beurteilung des betreffenden Gesteins zu. Vor allem ist das Steigen

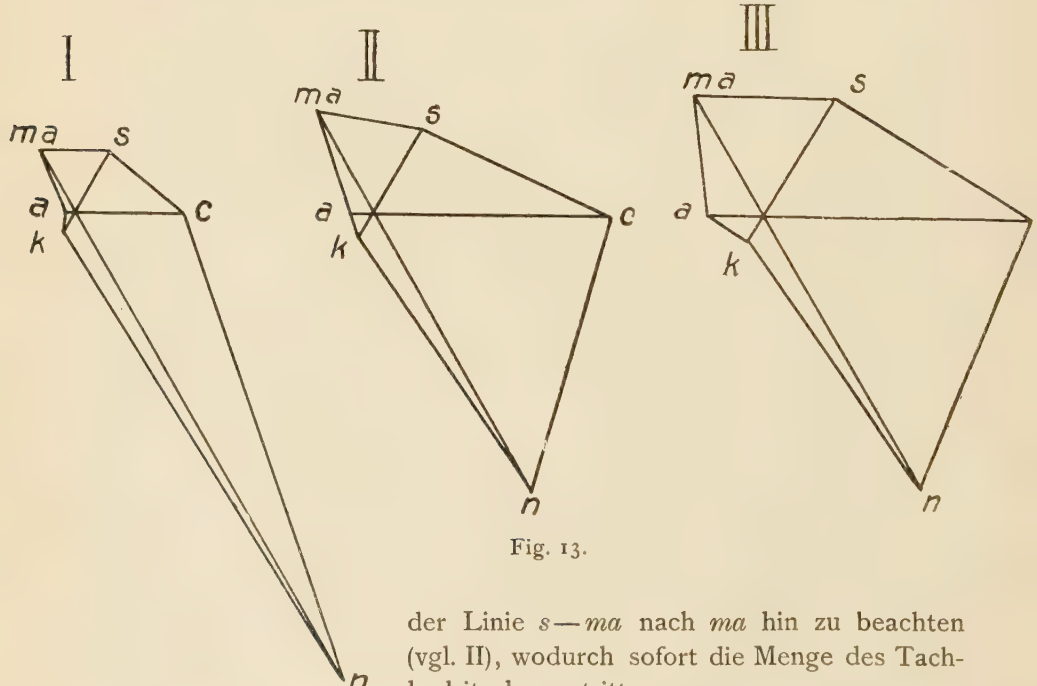



Fig. 13.

der Linie $s - ma$ nach $ma$ hin zu beachten (vgl. II), wodurch sofort die Menge des Tachhydrits hervortritt.

In III. ist die Strecke $a$ verhältnismäßig groß, die Linie $s - ma$ fast horizontal, folglich ist in dem Gestein viel Anhydrit und wenig Tachhydrit vorhanden (vgl. Tab. III S. 22).

## D. Genetische Betrachtungen.

Wie in der Einleitung erwähnt, ist der Tachhydrit bis vor kurzer Zeit hauptsächlich im Staßfurter Bezirk bekannt gewesen. So sind denn auch Erklärungen seiner Entstehung von Pfeiffer[1]) und Precht[2]) nur im Anschluß an dieses Vorkommen gegeben worden.

Pfeiffer nahm an, daß aus dem Salzton durch Silikatzersetzung entstandenes Chlorcalcium in das Salzgebirge eingedrungen sei und Material zum Aufbau des Tachhydrits geliefert habe.

Nach Precht dagegen steht die Tachhydritbildung in unmittelbarer Beziehung zum Kainitisierungsprozeß, der ja im Staßfurter Gebiet in großem Umfange stattgefunden hat. Er schreibt: „Der Kainit bildete sich aus Carnallit und Kieserit unter Einwirkung einer chlornatriumhaltigen Gipslösung, indem die Schwefelsäure durch die im Kainit ausgeprägte starke Kristallisations- und Bildungskraft zur Ausscheidung gebracht wurde, während sich das aus dem Carnallit herrührende und zur Kainitbildung nicht erforderliche Magnesiumchlorid mit dem durch Wechselwirkung gebildeten Calciumchlorid zu Tachhydrit vereinigte.“ Precht wurde zu dieser Erklärung veranlaßt, weil sich das Vorkommen des Tachhydrits innerhalb der Staßfurter Werke auf die Bezirke unmittelbar unterhalb des Kainithutes beschränkt und deshalb mit jenem Umbildungsprozeß in Zusammenhang zu bringen war. Diese von Precht gegebene Theorie kommt für die Werke der Mansfelder Mulde nicht in Betracht, da hier Kainit nicht auftritt. Dagegen stimmt sie mit dem Resultat der vorliegenden Untersuchung insofern überein, als der Tachhydrit im genannten Gebiet ebenfalls auf sekundäre Bildung zurückzuführen und als Produkt chemischer Umlagerungsprozesse aufzufassen ist, wie es außer Pfeiffer und Precht auch van't Hoff[3]) und Loewe[4]) generell angenommen haben. Obwohl die Tatsache, daß das maximale Vorkommen des Minerals an bestimmte durchlaufende Horizonte gebunden ist, im ersten Augenblick für primäre Bildung und direkte Ausscheidung aus der Mutterlauge sprechen könnte, führten doch die genaueren Untersuchungen zur Annahme einer sekundären Entstehung des Minerals. Nicht nur wegen der unregelmäßigen Verteilung im Gestein, der Vergesellschaftung mit typisch sekundärem

1) Pfeiffer, Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1885, **33**, 71.
2) Precht, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1898, 677.
3) van't Hoff, Bild. d. ozean. Salzabl. Bd. II.
4) Loewe, Dissertat. Leipzig 1903. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1903, 9.

Carnallit, sondern auch wegen der eigentümlichen Paragenese von Carnallit, Sylvin und Tachhydrit (Fig. 6, 7, 8). Dieses Zusammenvorkommen der drei Mineralien steht der primären Ausscheidung des Tachhydrits nach den van't Hoffschen Untersuchungen direkt entgegen, nach denen nur die Paragenesen: Tachhydrit, Bischofit, Carnallit und Tachhydrit, Carnallit, Chlorcalcium möglich sind (Fig. 14[1]). Ein derartiger, instabiler Zustand, wie er durch die Paragenese Tachhydrit, Sylvin, Carnallit gegeben ist, ist kennzeichnend für einen sekundären Bildungsvorgang. Das Gleichgewicht, das augenscheinlich im ganzen bei der Ablagerung der untersuchten Werke geherrscht hat, würde, weil es eine Ausscheidung von Carnallit nach der Gleichung:

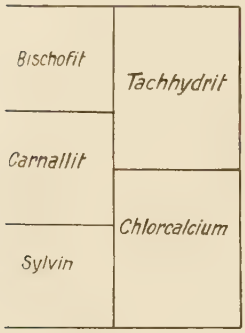


Fig. 14.

$$\text{Sylvin} + \text{Tachhydrit} = \text{Carnallit} + \text{Chlorcalcium}$$

erfordert hätte, eine primäre Entstehung des Minerals neben Sylvin unmöglich gemacht haben. Die Gleichung ist vielmehr im umgekehrten Sinne verlaufen, wie die Dünnschliffe zeigten, es haben sich also Sylvin und Tachhydrit aus Carnallit gebildet. Fig. 6 und Fig. 8 lassen diese Verhältnisse deutlich erkennen; ebenso zeigt Fig. 7 die Spaltung des Carnallits unter Bildung von Tachhydrit. Die Beobachtungen lassen sich eben nach den S. 18 gegebenen Erläuterungen am einfachsten durch die Annahme erklären, daß der zersetzte Carnallit Material zum Aufbau des Tachhydrits lieferte, der sich somit als zweifellos sekundär erweist. Daß sich diese Chloride, die zu Verzögerungen doch am wenigsten geneigten Stoffe, nebeneinander halten konnten, beweist jedenfalls, daß Gleichgewichte bei der Bildung des Minerals nicht herrschten, die Umlagerung der chemischen Komponenten dagegen stark lokalisiert gewesen ist.

Nach alledem ist die Entstehung des Tachhydrits durch eine metasomatische Veränderung der Salzlagerstätten infolge umfangreicher Durchtränkungsprozesse zu erklären. M. Naumann[2]) hat auf die Bedeutung derartiger Durchtränkungsprozesse hingewiesen und gezeigt, wie weitgehend die dadurch herbeigeführten Veränderungen im Gebiete der deutschen Zechsteinsalzlager sind. So erklären sich nach ihm z. B. die Hartsalze durch eine Um-

1) Nach van't Hoff, Bild. d. ozean. Salzabl. Bd. II, 10.
2) M. Naumann, Zeitschr. Kali, 7. Jahrg. 1913, **4**, 88—92.

kristallisation von Carnallitgestein unter $MgCl_2$-Entziehung; bei einem Vorgang unter Tachhydritbildung ist dagegen Magnesiumchlorid im Überschuß vorhanden gewesen. Es ist anzunehmen, daß Chlormagnesiumlauge beim langsamen Durchsickern der Salzlager auch Anhydrit zum Teil löste, da nach van't Hoff[1]) die Löslichkeit von $CaSO_4$ durch Chloride beträchtlich vergrößert wird. Durch Umsetzungen in der Lösung entsprechend der Gleichung:

$$MgCl_2 + CaSO_4 \rightleftarrows CaCl_2 + MgSO_4$$

entsteht Chlorcalcium, und dieses vereinigt sich mit einer gewissen Menge Magnesiumchlorid zu Tachhydrit. Auch Kieserit mußte sich neu bilden, wie aus der Gleichung hervorgeht; die auffallenden, haselnußgroßen Knöllchen, die im Abschnitt C S. 18 erwähnt und in der Photographie abgebildet sind, sind ein Beweis dafür, daß der Bildungsvorgang in diesem Sinne verlaufen ist; denn die Gebilde geben sich als sekundäre Ausscheidungen deutlich zu erkennen. Es wäre demnach zu erwarten, daß sich auch in den Analysenwerten der tachhydrithaltigen Salzproben ein „Überschuß" an neugebildetem Kieserit bemerkbar machen würde. Ein solches Ansteigen der Kieseritzahlen, also eine Parallelität der Tachhydrit- und Kieseritmengen, ist jedoch nicht zu konstatieren, wie aus Tabelle II hervorgeht. Die Erklärung beruht darauf, daß die Verteilung des primären Kieserits so unregelmäßig ist und seine Menge prozentual die des sekundären so weit überwiegt, daß jene Parallelität nicht hervortreten kann.

Weiterhin läßt sich die Neubildung von Sylvin einerseits, von sekundärem Carnallit anderseits gut verstehen, wenn man annimmt, daß Konzentrationsänderungen in der eindringenden Lauge stattgefunden haben. Es ist bekannt, daß Carnallit nur in stark chlormagnesiumhaltiger Lösung existenzfähig ist. Ist dagegen die Lösung verdünnter, so muß sich der Carnallit zersetzen und Chlorkalium ausfallen. Hieraus ist zu ersehen, daß sich bei der Einwirkung der Chlormagnesiumlauge auf primären Carnallit Sylvin ausscheiden mußte, wenn jene Konzentrationsgrenze nicht erreicht wurde, im anderen Falle war Carnallit stabil.

Bei der geschilderten Entstehungsart des Tachhydrits ist es erklärlich, daß undurchlässige Schichten, wie z. B. dichte Kieseritschnüre, dem Durchsickern der Lauge längere Zeit Widerstand geleistet haben und die dadurch bedingte Stagnation der Lösung die Tachhydritbildung begünstigte. Tatsächlich ist dies ja auch bei der S. 12 er-

1) van't Hoff, Bild. d. ozean. Salzabl. Bd. II, 27.

wähnten und abgebildeten Kieseritschnur beobachtet worden. Die Anhäufung des Tachhydrits zusammen mit typisch sekundärem Carnallit über dieser Bank und das im Dünnschliff beobachtete Vorkommen jener auffälligen Kieseritknollen (wie S. 18) lassen sich ungezwungen durch die Annahme einer Durchtränkung erklären, ebenso wie das Auftreten der großen Anhydritkristalle oberhalb der Tachhydritregion. Es sind einerseits Rekristallisationen der ursprünglich wahrscheinlich dichten Anhydritmassen, anderseits mag das durch die Umsetzung:

$$\text{Chlormagnesium} + \text{Anhydrit} \rightleftarrows \text{Kieserit} + \text{Chlorcalcium}$$

entstehende Chlorcalcium, das weiter unterhalb des Anhydrithorizontes zur Tachhydritbildung führte, durch einen rückgängigen Verlauf der Gleichung wieder Calciumsulfat gebildet haben. Während also in den oberen Regionen der Lagerstätten das Gleichgewicht nach der linken Seite der Gleichung verschoben wurde, hat weiter unterhalb Chlorcalcium vorgeherrscht und dadurch die Tachhydritbildung verursacht. So erscheinen beide Bildungen als Stadien eines ausgedehnten Durchtränkungsvorganges.

Der Bildungsprozeß des Tachhydrits muß bei einer Temperatur oberhalb $22^0$ stattgefunden haben, da diese die untere Bildungsgrenze des Minerals darstellt.[1])

Die Abnahme des Tachhydritgehaltes der Salze in der Mansfelder Mulde von Ost nach West[2]) deutet auf eine bestimmte Strömungsrichtung der durchtränkenden Lauge hin. Am einleuchtendsten erscheint es, eine ost-westliche anzunehmen, denn in diesem Falle mußte die Lauge durch ihren Chlorcalciumgehalt im östlichen Teile des Gebietes die Tachhydritbildung am meisten begünstigen, nach Westen zu diese Wirkung immer mehr erlahmen.

Die Beobachtungen, die in der „Salzmünder Strecke“ und im Grubenfelde von Salzmünde gemacht wurden bezüglich der Lagerungsverhältnisse der Tachhydritschichten legen die Frage nahe, ob die hier erörterte Genesis vor, nach oder während des Faltungsprozesses stattgefunden hat. Wie S. 13 erwähnt, könnten die makroskopisch unveränderten, durch die Faltung steil aufgerichteten Tachhydritschichten der „Salzmünder Strecke“ den Schluß nahelegen,

---

1) van't Hoff, Bild. d. ozean. Salzabl. Bd. II.

2) Diese Abnahme gilt für die ganze Mansfelder Mulde, wie aus dem minimalen Vorkommen des Tachhydrits in Wolfshall und Dittrichshall zu ersehen (S. 14).

daß die Tachhydritisierung vor der Faltung ihr Ende erreicht hatte, während die Verbreitung des Minerals auf nur einer Flanke des Salzmünder Sattels das Gegenteil zu beweisen scheint. Die wahrscheinlichste Annahme wird wohl sein, daß die Durchtränkungsprozesse mit den tektonischen Bewegungen Hand in Hand gingen, daß diese Kräfte die schützende Gesteinsdecke, die über den Salzen lagerte, lockerte, wodurch den Wässern Zutritte zu den Salzsedimenten geschaffen wurden.

Eine gewisse Analogie zu der hier erläuterten Art der Entstehung des Tachhydrits bietet die Frage nach der Genesis des Kupferschiefers, die aber bis jetzt noch nicht zu einer eindeutigen Beantwortung geführt hat. So vertreten Pošepný [1]), Beyschlag [2]) und Beck [3]) die Ansicht, daß infolge „der Rücken abweichender Erzführung" nur eine epigenetische Entstehung des Kupferflözes in Frage kommen könne, dagegen glauben Freiesleben [4]), v. Cotta [4]), Groddeck [4]) und Bergeat [4]) auf eine syngenetische Bildung schließen zu dürfen.

## E. Mineralogischer Teil.

Der Tachhydrit kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch (ditrigonal-skalenoedrisch). Das Achsenverhältnis $a : c = 1 : 1{,}900$ wurde von v. Groth [5]) bestimmt, und zwar durch Berechnung aus dem an Spaltungsstücken mit dem Anlegegoniometer gemessenen Winkel von ca. 104°. Auch de Schulten [6]) stellte an künstlichen Kristallen einen Rhomboederwinkel von ca. 104° fest, während Des Cloizeaux [7]) nur rund 90° fand. Ich bestimmte ihn mit dem Reflexionsgoniometer an Spaltungsstücken, auf deren Flächen Deckgläschen mittels Kanadabalsams sorgfältig aufgekittet wurden, um brauchbare Lichtsignale zu erhalten, denn die zuerst spiegelnden Spaltflächen wurden sehr schnell

---

1) Pošepný, Über die Erzlagerstätte am Schneeberge in Tirol. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1879, 106, XXVII. Archiv f. prakt. Geol. I, 1890, 423.

Über die Genesis der Erzlagerstätten. Jahrb. K. K. Berg-Akad. XL, III, 1895.

2) Beyschlag, Beitr. z. Genesis d. Kupferschiefers. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1900, 115.

3) Beck, Erzlagerstätten, Bd. II, 1909, 161 ff.

4) Stelzner-Bergeat, Erzlagerstätten, Bd. I, 1904, 413 ff.

5) v. Groth, Tabell. Übers. d. Min. 1874, 74; 1898, 52.

6) de Schulten, Compt. rend. 1898, **111**, 928; Zeitschr. f. Krist. **20**, 638.

7) Des Cloizeaux, Nouv. Rech. 1867, 530.

von der Luftfeuchtigkeit angegriffen und matt. Der Winkel $(10\bar{1}1) : (\bar{1}101)$ (Mittel je dreier Messungen an je einem Präparat) betrug:

$$\left.\begin{array}{l} 106^0\ 29' \\ 106^0\ 2' \\ 106^0\ 53' \\ 106^0\ 34' \\ 106^0\ 30' \\ 106^0\ 32' \end{array}\right\} 106^0\ 30'.$$

Daraus ergibt sich $a : c = 1 : 2{,}112$. An künstlichen Kristallen beobachtete de Schulten[1]) (0001), $(10\bar{1}1)$, ich konnte dieselben Formen feststellen. Natürliche Kristalle sind bis jetzt nicht bekannt geworden.

Der Tachhydrit hat eine vollkommene rhomboedrische Spaltbarkeit. Die Härte entspricht der des Gipses, ist demnach, wie bereits festgestellt[2]), nahezu 2. Die Dichte beträgt nach Bischof[3]) 1,671, nach E. Erdmann[4]) 1,671 bis 1,867, nach van't Hoff[5]) 1,6634 bis 1,6683, im Mittel 1,665. Ich bestimmte sie an natürlichem, eisenglimmer- und einschlußfreiem Material zu 1,664 mittels Schwebemethode. (Flüssigkeiten: Azetylentetrabromid und Toluol.)

Die Doppelbrechung ist nach Des Cloizeaux[6]) stark und negativ, nach v. Groth[7]) nicht stark; Görgey[8]) gibt den mittleren Brechungsquotienten angenähert zu 1,52 an. Die genaue Bestimmung der Brechungsexponenten wurde mit dem Pulfrichschen Totalreflektometer ausgeführt. Die Herstellung der Hochglanzpolitur auf Spaltflächen war äußerst schwierig, da diese selbst infolge treppenförmigen Spaltens nicht zu Messungen benutzt werden konnten. Die Trennungsflächen wurden daher zunächst mit Zinnasche und Öl auf einer Glasplatte plan geschliffen und dann auf angewärmtem, getrocknetem Filtrierpapier glänzend poliert, darauf sofort auf das Totalreflektometer gebracht. Als Einbettungsflüssigkeit diente Äthylenbromid. (B. V. = 1,535.)

---

1) de Schulten a. a. O.
2) Boeke, Übers. d. Min., Petr. u. Geol. 1909.
Görgey, Tscherm. min. u. petr. Mitt. **3**, 210.
3) Bischof, Berg- u. Hüttenw. 1865, **24**, 276.
4) E. Erdmann, Deutschl. Kalibergbau 1907, 22.
5) van't Hoff, Zeitschr. f. phys. Chem. 1902, **39**, 53.
6) Des Cloizeaux a. a. O.
7) v. Groth, Tabell. Übers. d. Min. 1874, 74.
8) Görgey a. a. O.

Als Brechungsexponenten ergaben sich die Werte:

$$n_o = 1{,}5215$$
$$n_e = 1{,}5128.$$

Die Doppelbrechung ist also negativ = 0,0087 (von der Größe der Quarzdoppelbrechung).

Optische Störungen durch Zwillingslamellen, wie beim Kalkspat, die Des Cloizeaux[1]) beobachtete, konnten nicht festgestellt werden.

Infolge der außerordentlichen Hygroskopizität des Minerals, die alle Untersuchungen sehr erschwerte, zerfließt der Tachhydrit bald an der Luft. Daher sind nur die frischen Spaltflächen glasglänzend, sie zersetzen sich außerordentlich rasch (in ca. 5 Sek.) und bedecken sich mit wirren Knäueln nadelförmiger Bischofitkriställchen, wodurch die Beobachtung von Ätzfiguren unmöglich gemacht wird. Nach längerer Zeit überkrustet sich dann der Tachhydrit mit einer weißlichen Schicht von Bischofit.

Das natürliche Mineral ist fast immer wachs- bis honiggelb gefärbt, die Färbung rührt nach Boeke[2]) von Eisenchlorid her, Hammerbacher[3]) hatte Eisensalze nicht als Ursachen der Gelbfärbung anerkannt, sondern nahm an, daß bituminöse, organische Substanzen diese verursachten, doch sind die Stützen für diese Behauptung viel zu unsicher. Bei dem Material, das mir zur Verfügung stand, beträgt der Gesamteisengehalt nach meinem Befunde durchschnittlich 0,06%, wovon ungefähr 0,04—0,05% auf an Chlor gebundenes Eisen entfallen, rund 0,01—0,02% als Eisenglanz vorhanden sind. Diese Eisenglimmerblättchen sind nicht, wie es in gewissen Fällen beim Carnallit konstatiert wurde[4]), gesetzmäßig orientiert, sondern beliebig im Kristall verteilt; wahrscheinlich stammen sie aus dem zersetzten primären Carnallit. Mittels rotem Blutlaugensalz konnte ich auch Ferrochlorid nachweisen; Einschlüsse von Eisenchloridlauge, wie sie Boeke[2]) an Wolkramshausener Sylvin fand, konnten selbst bei stärkerer Vergrößerung nicht wahrgenommen werden. So lag die Frage nahe, welches der beiden Chloride isomorph von Tachhydrit aufgenommen werden kann. Dies ergab sich aus Kristallisationsversuchen, die mit fünf-, zehn- und fünfzehnprozentiger Eisenchlorid- resp. Eisenchlorürchlormagnesiumchlorcalciumlösung ausgeführt wurden, und zwar zwischen den Temperaturen 55—65°. Die entstandenen Kristalle mit an-

1) Des Cloizeaux a. a. O.
2) Boeke, Neues Jahrb. f. Min. 1911, I, 48—76.
3) Hammerbacher, Dissertation Erlangen 1874, 24.
4) Johnsen, Zentralbl. f. Min. 1909, 168—173.

hängender Lösung und die Mutterlauge wurden analysiert und nach Umrechnung der so ermittelten Gewichtsprozente von Ca, Mg und Fe (Tabelle IV) auf 100 sind die gewonnenen Zahlen (Tabelle V) in bekannter Weise in ein Dreieckskoordinatensystem eingetragen worden (Schreinemakers' Restmethode[1]), Fig. 15[2]).

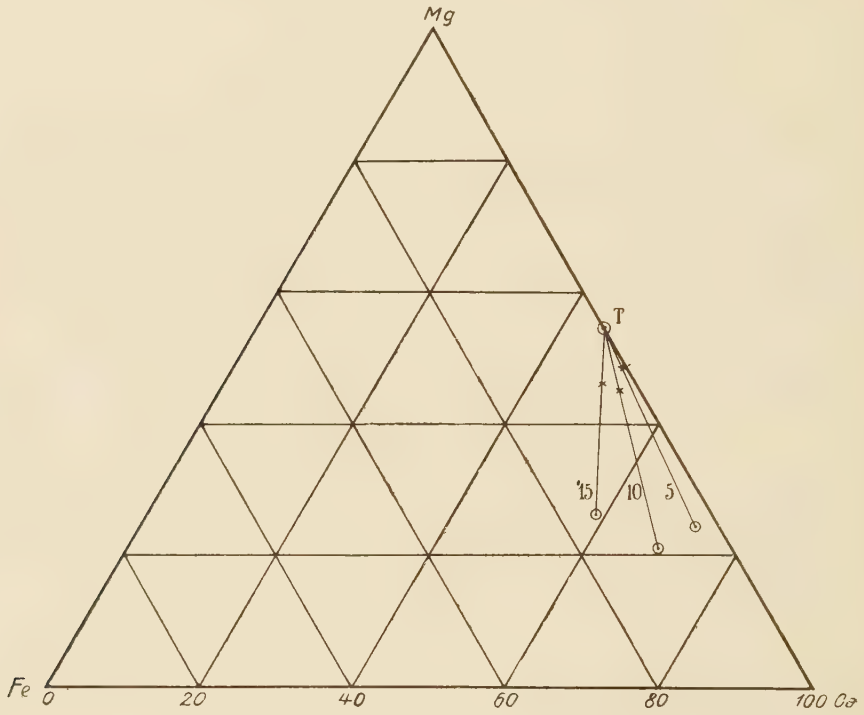



Fig. 15.

Es ergab sich folgendes:

Tabelle IV.

| | Eisenchlorid | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 % | | | 10 % | | | 15 % | | |
| Gewichtsprozente | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg |
| Lösung . . . . | 0,55 | 13,12 | 4,44 | 2,68 | 19,37 | 5,90 | 2,24 | 8,41 | 3,76 |
| Kristalle + Lösung | 0,11 | 8,70 | 8,31 | 0,48 | 8,88 | 7,70 | 0,76 | 8,72 | 8,08 |

1) Schreinemakers, Zeitschr. f. phys. Chem. 1893, **11**, 76.
Bancroft, Journ. Phys. Chem. 1902, **6**, 179.
Siehe auch Findlay, Phasenlehre, deutsche Ausg. 1907, 191.

2) Die Kreise sind die darstellenden Punkte der Lösung, die Kreuze die der Kristalle + Lösung. Dasselbe gilt für Fig. 16 u. 17.

Tabelle V.

| | Koordinatzahlen | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 % | | | 10 % | | | 15 % | | |
| | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg |
| Lösung . . . . | 3,02 | 72,48 | 24,50 | 9,58 | 64,29 | 21,11 | 15,59 | 58,33 | 26,08 |
| Kristalle + Lösung | 0,64 | 50,82 | 48,54 | 2,81 | 52,08 | 45,13 | 4,32 | 49,68 | 46,00 |

Die Verbindungslinien der so bestimmten Punkte schneiden sich sämtlich in einem auf der Calcium-Magnesiumachse liegenden Punkte *T*, welcher die Zusammensetzung der durch die Kristallisationen erhaltenen Kristalle darstellt. Da nun zugleich Punkt *T* die aus der Formel $CaCl_2 \cdot 2\,MgCl_2 \cdot 12\,H_2O$ berechnete Zusammensetzung reiner, eisenfreier Tachhydritkristalle angibt, so folgt daraus, daß Eisenchlorid in isomorpher Mischung nicht von Tachhydrit aufgenommen werden kann. Dies wurde noch dadurch bestätigt, daß die entstandenen Kristalle unter dem Mikroskop vollkommen farblos waren und nur Einschlüsse der gelben Eisenchloridlauge aufwiesen.

In derselben Weise wurden Kristallisationen mit Eisenchlorür ausgeführt. Das Ergebnis war folgendes (Fig. 16).

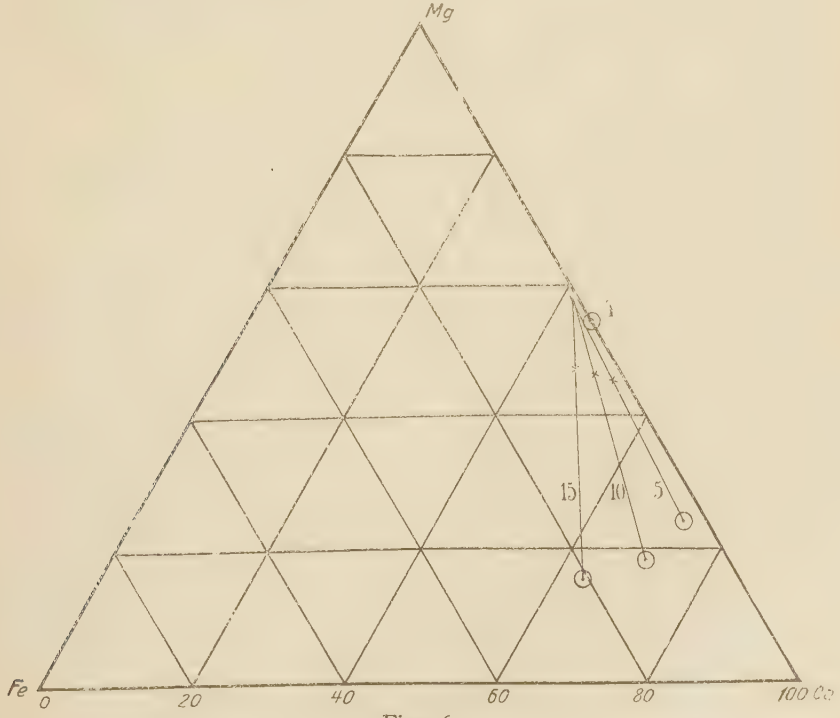



Fig. 16.

Tabelle VI.

| Gewichtsprozente | Eisenchlorür | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 % | | | 10 % | | | 15 % | | |
| | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg |
| Lösung . . . . | 0,59 | 14,27 | 4,73 | 2,60 | 16,96 | 4,41 | 4,76 | 14,71 | 3,61 |
| Kristalle + Lösung | 0,39 | 10,62 | 9,10 | 0,59 | 8,06 | 7,46 | 0,94 | 8,34 | 8,22 |

Tabelle VII.

| | Koordinatzahlen | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lösung . . . . | 3,02 | 72,82 | 24,16 | 10,85 | 70,74 | 18,41 | 20,63 | 63,72 | 15,65 |
| Kristalle + Lösung | 1,93 | 52,77 | 45,30 | 3,67 | 50,01 | 46,32 | 5,32 | 47,67 | 47,01 |

Wie aus der Fig. 16 zu ersehen, gehen in diesem Falle die Verbindungslinien der darstellenden Punkte nicht durch den Tachhydritpunkt *T*, sondern neigen sich mit zunehmender Eisenchlorürkonzentration nach der Seite des Eisenpunktes *Fe*. Es ergibt sich hieraus, daß Eisenchlorür (ähnlich wie es auch beim Carnallit der Fall ist[1]) in geringer Menge von Tachhydrit in fester Lösung aufgenommen wird.

Um zu ermitteln, wie groß die Menge des aufgenommenen Eisens ist, sind die Gewichtsprozente der Tabelle VI auf Atomprozente umgerechnet worden (Tabelle VIII).

Tabelle VIII.

| Atomprozente | 5 % | | | 10 % | | | 15 % | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg | Fe | Ca | Mg |
| Lösung . . . . | 1,89 | 63,42 | 34,69 | 7,14 | 65,03 | 27,83 | 14,19 | 61,12 | 24,69 |
| Kristalle + Lösung | 1,06 | 41,03 | 57,91 | 2,04 | 38,83 | 59,13 | 2,99 | 37,00 | 60,01 |

Diese Werte sind in der üblichen Weise in der schematischen Fig. 17 eingetragen, die allerdings nur einen Teil der rechten Seite des Koordinatendreiecks darstellt.

Aus der Annahme, daß das zweiwertige Fe des Eisenchlorürs das Mg des Tachhydrits isomorph vertritt[2]), folgt, daß der molekulare Calciumgehalt der entstandenen Mischkristalle, berechnet auf Ca + Mg + Fe = 100, ebenso groß sein muß, wie im eisenfreien Tachhydrit, der seinen darstellenden Punkt in *T* hat. Dies ist auf der Linie *TT'* der Fall, die parallel zur Fe-Mg-Achse gezogen ist und die Verbindungslinien der darstellenden Punkte in den Punkten *1*, *2* und *3*

1) Boeke, Neues Jahrb. f. Min. 1911, I.
2) wie es auch z. B. im Dolomit der Fall ist.

schneidet. Diese Schnittpunkte geben die Zusammensetzung der eisenchlorürhaltigen Mischkristalle an.

Nun läßt sich das Verhältnis $\frac{Fe}{Mg + Fe}$ der Lösung und der daraus abgeschiedenen Kristalle auf Grund folgender Überlegungen berechnen. Als Beispiel seien die aus fünfzehnprozentiger Lauge entstandenen Kristalle gewählt.

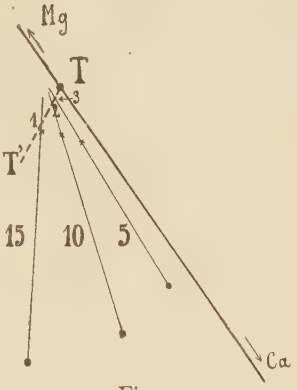


Fig. 17.

Die horizontale Strecke von *1* bis zur Koordinatenachse Ca-Mg gibt den Eisengehalt der Kristalle *1* an und ist gleich der Strecke *1T*, da ja ein gleichseitiges Dreieckskoordinatensystem angewandt worden ist. Die Strecke von *1* bis zur Koordinatenachse Fe-Ca (parallel Mg-Ca) gibt den Magnesiumgehalt der Kristalle an, also ist die Strecke von *T* bis zu dieser Achse gleich Mg + Fe (= 66,7 entsprechend der Tachhydritformel). Dasselbe gilt von dem darstellenden Punkt der dazu gehörigen Lösung.

Folgende Werte wurden auf diese Art gefunden:

| | Lösung | Kristalle |
|---|---|---|
| 5 % . . . | 0,06 | 0,006 |
| 10 % . . . | 0,20 | 0,018 |
| 15 % . . . | 0,29 | 0,026. |

Das Verhältnis des Eisens in den Kristallen und in der Lösung ist (zwischen den Temperaturen 55—65°) demnach rund 1 : 10.

Die Gelbfärbung des Tachhydrits ist nach vorigem so zu erklären: Zunächst erinnere ich daran, daß die Eisenoxydführung des Carnallits darauf beruht, daß Eisenchlorür, welches isomorph diesem Mineral beigemischt ist, durch Oxydation infolge des Kristallwassers in die dreiwertige Form des Eisens übergeführt wird. Die erste Stufe der Oxydation ist die Entstehung von Eisenchlorid. Tatsächlich hat man durch Eisenchlorid gelb gefärbten, sekundären bzw. rezenten Carnallit gefunden. Die weitere Stufe bei der Veränderung der Eisenverbindung ist dann die Überführung des Eisenchlorids in $Fe_2O_3$. Dasselbe gilt für den Tachhydrit, nur daß hier diese zweite Verwandlungsstufe nicht erreicht wurde (also nur Eisenchlorid gebildet wurde),

wahrscheinlich weil die Zeit seit der Entstehung dieses sekundären Minerals dazu zu kurz gewesen ist.

Schließlich mag noch erwähnt werden, daß sich aus einer Lösung, deren Chlorcalciumgehalt nicht ganz hinreichte, um Tachhydrit ausfallen zu lassen, bei einer Temperatur oberhalb 50° in geringer Menge winzige, skelettförmige, farblose, reguläre Kriställchen abschieden, die sich in Wasser außerordentlich leicht und einheitlich lösten. Bei weiterer Eindunstung der Lauge wurden sie von Bischofit überkrustet, ohne sich jedoch in diesen umzuwandeln. Die regulären Kristalle bildeten sich sowohl aus einer eisensalzfreien, als auch aus einer eisensalzhaltigen Lösung. Die chemische Untersuchung, die so durchgeführt wurde, daß die Kristalle von der Lösung getrennt und so lange mit Wasser abgespült wurden (unter Absaugen mittels Wasserstrahlluftpumpe), bis sie keine Spur einer von Eisensalzen herrührenden Gelbfärbung zeigten, ergab vollkommene Abwesenheit von Calcium- und Eisenchlorid (resp. Chlorür) und folgenden Prozentgehalt an Magnesium und Chlor:

| | Mg | Cl |
|---|---|---|
| 1. | 7,87% | 22,95% |
| 2. | 8,33% | 23,90%. |

Dies entspricht einem Atomverhältnis 1 : 2,01 und 1 : 1,98. Es handelt sich also um ein Hydrat von Chlormagnesium (vielleicht $MgCl_2 \cdot 4\,H_2O$). Der Wassergehalt konnte bei der obigen Versuchsanordnung nicht bestimmt werden. Weitere Untersuchungen über die Stabilitätsverhältnisse dieses Hydrats wurden nicht angestellt, da sie außerhalb des Rahmens dieser Arbeit lagen. Es sei noch bemerkt, daß bei van't Hoffs Untersuchungen über die Tachhydritbildung[1]) bis 83° nur von Bischofit die Rede ist als einzigem Hydrat des Chlormagnesiums. So eröffnet sich hier ein weiteres Feld für ergänzende Untersuchungen zur spezialisierteren Feststellung der van't Hoffschen Bildungsdiagramme.

## F. Zusammenfassung.

1. Die Kaliwerke im östlichen Teile der Mansfelder Mulde wurden in bezug auf Lagerungsverhältnisse und Auftreten des Tachhydrits eingehender beschrieben, insbesondere wurde die Salzfolge der Halleschen Kaliwerke genau untersucht.

1) van't Hoff, Bild d. ozean. Salzabl. 1909, Bd. II, 10.

2. Die Untersuchung führt zu dem Resultat, daß der Tachhydrit ein sekundäres Mineral ist, welches Durchtränkungsprozessen, die die Lagerstätten erfahren haben, seine Entstehung verdankt.

3. Die genauen mineralogischen und kristallographisch-optischen Daten des Tachhydrits sind festgestellt worden.

4. Endlich sind Kristallisationsversuche über das Verhalten von Tachhydrit gegenüber Eisenchlorid und Eisenchlorür zur Erklärung der gelben Farbe des natürlichen Minerals ausgeführt worden.

---

Die vorliegende Untersuchung wurde im mineralogischen Institut der Universität Halle ausgeführt. Für gütige Anregung hierzu und liebenswürdige Unterstützung bin ich Herrn Professor Dr. Boeke zu größtem Dank verpflichtet. Ebenso danke ich Herrn Dr. M. Naumann herzlichst für die vielen Ratschläge und die freundliche Unterstützung bei der Ausführung der Arbeit. Sie wurde ermöglicht durch die freundliche Erlaubnis zum Befahren der Schächte seitens der Direktionen von: Hallesche Kaliwerke, Krügershall, Salzmünde, Georgischacht. Hierfür gestatte ich mir auch an dieser Stelle zu danken, ebenso den Herren Beamten der Werke für ihr freundliches Entgegenkommen.

Zur Ausführung dieser Arbeit wurden mir von der philosophischen Fakultät Mittel aus der Dr. Parey-Stiftung zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank sage.

Halle, Mineralogisches Institut.

Sekundäre Kieseritknollen in ausgewitterter Tachhydritschnur.

# Lebenslauf.

Am 9. Januar 1890 bin ich, Paul Wilhelm Albert Kling, in Stolp in Pommern geboren. Ich bin evangelischen Bekenntnisses und preußischer Staatsangehöriger. Von Ostern 1896 bis Ostern 1900 besuchte ich die Mittelschule meiner Heimatstadt und darauf die dortige Oberrealschule, die ich nach bestandener Reifeprüfung Ostern 1909 verließ. Ich widmete mich dem Studium der Mathematik, Physik und Chemie, dem ich von Ostern 1909 bis Michaelis 1909 in Freiburg in Baden, von Michaelis 1909 bis Michaelis 1910 in München und von Michaelis 1910 bis Michaelis 1913 in Halle oblag. Seit dem 1. Oktober dieses Jahres bin ich Hilfsassistent am mineralogisch-geologischen Institut dieser Universität.

Ich hörte bei folgenden Herren Dozenten:

in Freiburg: Deecke, Himstedt, Löwy, Willgerodt;

in München: v. Aster, v. Groth, Lindemann, Paul, Prandtl, Röntgen, Voß;

in Halle: Boeke, Buchholz, Dorn, Eberhard, Fries, Gutzmer, Krüger, Medicus, Menzer, Schenck, Schlüter, Schmidt, Tubandt, Uphues, Vorländer, Walther, Wangerin.

Allen genannten Herren bin ich zu großem Danke verpflichtet.